

PERANCANGAN SEMI ANECHOIC ROOM PADA LABORATORIUM GETARAN DAN AKUSTIK JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS GADJAH MADA YOGYAKARTA

*DESIGN OF A SEMI- ANECHOIC ROOM OF THE VIBRATION
AND ACOUSTIC LABORATORY, THE DEPARTMENT OF
MECHANICAL ENGINEERING, THE FACULTY ENGINEERING,
GADJAH MADA UNIVERSITY, YOGYAKARTA*

Sukoco¹, Purnomo², Subagio²

**Program Studi Teknik Mesin
Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada**

ABSTRACT

The purpose of the design was to acquire a room which could absorb sufficiently sound occurring in it and to isolate sound coming from outside so that it did not get into the room.

The semi-anechoic room was located within the Vibration and Acoustics Laboratory, Department of Mechanical Engineering, the Faculty of Engineering, Gadjah Mada University, occupying an area of 7.5 m x 5.4 m x 3.7 m. The outer wall of the room was made of plastered bricks, coated with glass wool absorber. The absorber material was fixed on a wooden structure, 15 cm away from the wall, which was then covered with an acoustic wall.

The analysis of the result of the semi anechoic room showed that room isolation was sufficiently good, having a back ground noise of 24 dB. The sound absorption in the room was also sufficiently good, having a reverberation time of 0.375 to 0.4 second, especially for the sound with frequencies of 125 Hz to 500 Hz, and no echoes was occurred when there was a sudden sound. Accordingly, the semi anechoic room can be used to measure sound characteristics and intensity, particularly that having a low frequency.

Key words : *room, sound, absorption, echo*

¹ Jurusan Teknik Penerbangan STTKD

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UGM

PENGANTAR

Bunyi merupakan sesuatu yang dapat dirasakan oleh telinga manusia normal, yang tidak mengalami gangguan pada sistem pendengarannya. Dalam keadaan tertentu bunyi sengaja diciptakan oleh manusia untuk memberikan kenikmatan, misalnya musik, tetapi ada pula bunyi yang timbul yang tidak dikehendaki oleh manusia dan disebut kebisingan. Bunyi yang dapat memberikan kenikmatan atau yang mengganggu sangat tergantung pada karakteristik dan intensitasnya. Oleh sebab itu, pengukuran karakteristik dan intensitas bunyi yang ditimbulkan oleh sumber bunyi sangat penting untuk mengetahui sifat bunyi itu.

Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang benar dan akurat, maka diperlukan alat ukur yang mempunyai tingkat ketelitian tinggi, dan pada kasus-kasus tertentu diperlukan tempat pengukuran yang mempunyai lingkungan yang terkendali. Oleh karena itu, perlu dibangun ruang kedap bunyi dan bebas gema atau yang dikenal dengan nama *anechoic room*.

Brüel & Kjær (1984), Duanqi, dkk. (1990), dan Velis, dkk. (1995), menyatakan bahwa *anechoic chamber* adalah suatu ruang yang dinding, lantai, dan langit-langitnya mampu menyerap energi bunyi, sehingga tidak menghasilkan gema, serta mampu mengisolasi bunyi yang berasal dari luar ruang. *Back ground noise* dalam ruang diharapkan berkisar antara 18 dB hingga 24 dB. Untuk itu maka dinding ruang itu dibuat dari bahan yang keras (beton) dan dibuat dua lapis dengan celah udara, sedangkan bagian dalam dinding dipasang peredam yang terbuat dari lapisan-lapisan bahan lunak yang berbentuk baji dan kubus, dan mempunyai angka serapan yang tinggi sehingga mampu menyerap energi bunyi. Beberapa penelitian menyatakan bahwa wol alam, *rock wool*, dan *fiber glass* sangat baik digunakan sebagai peredam, (Ballagh, 1996), demikian pula kapuk Jawa (Purnomowati, 1998).

Mengingat kondisi dan situasi laboratorium Getaran dan Akustik, maka ruang yang akan dibangun adalah *semi-anechoic room*, yaitu ruang seperti *anechoic room* tetapi lantainya keras.

Di tempat terbuka bunyi akan merambat bebas ke segala arah, tetapi dalam praktek, tempat terbuka sulit dijumpai. Bila gelombang bunyi dalam rambatannya membentur dinding, maka akan timbul bermacam-macam peristiwa fisis, yaitu pantulan, serapan, transmisi, biasan, dan lain-lain. Ada tiga faktor yang saling terkait, yaitu : faktor pantulan, angka serapan dan tahanan dinding, apabila medan bunyi terjadi dimuka dinding (Kuttruff, 1979). Bunyi yang datang ke dinding

tegar akan membentuk berbagai sudut datang. Untuk sudut datang tegak lurus, besarnya angka serapan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{4 \operatorname{Re}(\zeta)}{|\zeta|^2 + 2 \operatorname{Re}(\zeta) + 1} \quad (1)$$

dengan α = angka serapan, $\operatorname{Re}(\zeta)$ = riil tahanan dinding khusus, ζ = tahanan dinding khusus (*specific wall impedance*).

Bunyi yang memancar kearah dinding tegar dan membentuk sudut datang miring atau lebih kecil dari 90° , angka serapan dinding dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\alpha(\theta) = \frac{4 \operatorname{Re}(\zeta) \cdot \cos \theta}{(|\zeta| \cos \theta)^2 + 2 \operatorname{Re}(\zeta) \cos \theta + 1} \quad (2)$$

dengan $\alpha(\theta)$ = angka serapan pada (θ) , θ = sudut datang

Untuk mendapatkan angka serapan yang maksimum, jarak rongga udara minimum ialah sebesar seperdelapan panjang gelombang bunyi dikurangi tebal lapisan bahan porus (White dan Walker, 1982), dan secara umum dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$d = \frac{\lambda}{8} - t \quad (3)$$

dengan d = jarak rongga udara, λ = panjang gelombang bunyi, t = tebal bahan porus.

Apabila sebuah dinding tegar dilapisi dengan bahan porus dan diberi rongga udara, maka angka serapannya dapat dirumuskan sebagai :

$$\alpha(f) = 4 \left\{ \left[\left(\frac{r_s}{\rho_0 c} \right)^{1,2} + \left(\frac{\rho_0 c}{r_s} \right)^{1,2} \right]^2 + \frac{\rho_0 c}{r_s} \cot^2 \left(\frac{2\pi f d}{c} \right) \right\}^{-1} \quad (4)$$

dengan $\alpha(f)$ = angka serapan pada (f) , f = frekuensi, r_s = tahanan dinding porus, ρ_0 = massa jenis udara, c = kecepatan bunyi di udara

Jika sumber bunyi terletak di dalam ruang dengan dinding, lantai, dan langit-langit yang keras dan tidak ada kebocoran, maka

energi bunyi akan dipantulkan beberapa saat sebelum seluruhnya diserap. Peristiwa ini dinamakan dengung. Apabila diasumsikan permukaan dinding memantulkan gelombang bunyi secara sempurna maka secara teoritis tekanan bunyi akan semakin besar, dan dinyatakan dengan rumus (Irwin dan Graf, 1979).

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (5)$$

dengan L_p = jumlah tekanan bunyi, L_w = jumlah tenaga bunyi, Q = faktor penggerak (*directional factor*), r = jarak sumber dengan letak pengukuran, R = tetapan ruang.

Sabine mendefinisikan Waktu Kerdam atau *Reverberation Time* (RT) sebagai waktu yang diperlukan untuk menurunkan rapat energi sebesar 60 dB di bawah nilai semula sejak sumber bunyi dimatikan, dan secara empiris dirumuskan :

$$T = 0,161 \left(\frac{V}{A} \right), \text{sekon} \quad (6)$$

dengan T = waktu kerdam, V = volume ruang, A = angka serapan permukaan

Angka serapan lapisan peredam dapat diuji dengan menggunakan *standing wave tube*. Walaupun metode ini menghasilkan data untuk gelombang yang jatuhnya tegak lurus dinding, namun dapat digunakan untuk memprediksi sifat-sifat akustik bahan untuk gelombang acak. Nilai angka serapan dapat dihitung dengan rumus (Kuttruff, 1979).

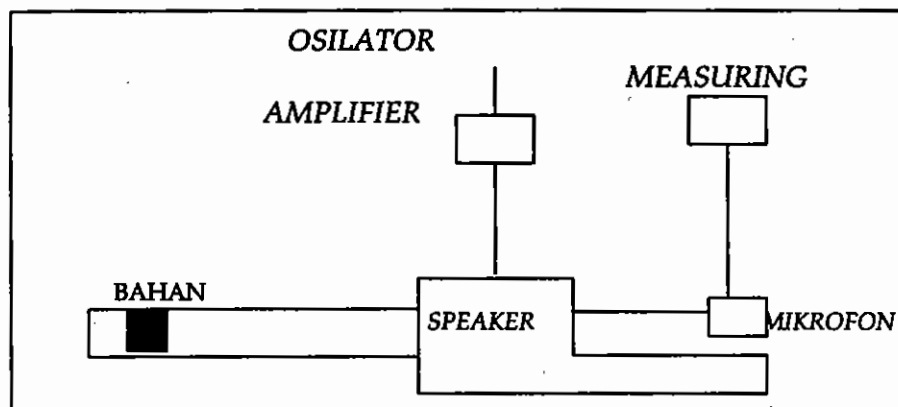
$$\alpha = \frac{4 \cdot p_{\max} \cdot p_{\min}}{(p_{\max} + p_{\min})^2} \quad (7)$$

dengan p_{\max} = tekanan bunyi maksimum, p_{\min} = tekanan bunyi minimum

CARA PENELITIAN

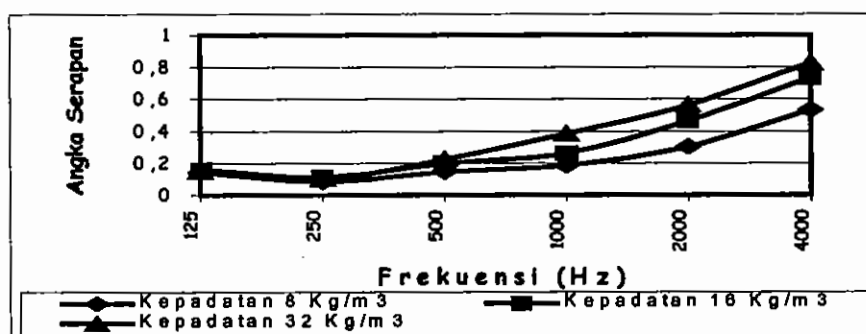
Berdasarkan kondisi dan ukuran laboratorium Getaran dan Akustik, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, maka *semi-anechoic room* dibuat dengan ukuran 7,5 m x 5,4 m x 3,7m.

Selanjutnya pemilihan bahan peredam didasarkan pada angka serapan α yang optimal melalui penelitian dengan *standing wave method*. Skema peralatan dapat dilihat pada Gambar 1.

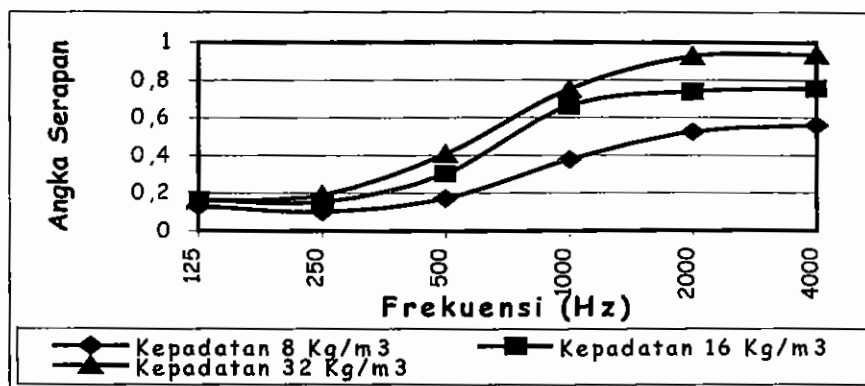


Gambar 1. Skema kerja alat pengukur angka serapan *glass wool*

Bahan *glass wool* yang akan dianalisis terdiri atas 18 buah sampel dengan tiga macam kepadatan (berat jenis) dan dua macam ketebalan. Untuk setiap kelompok ditentukan tiga buah sampel. Besarnya tekanan bunyi dapat dibaca pada measuring amplifier. Pengamatan dilakukan pada berbagai frekuensi antara 125 Hz hingga 4000 Hz. Data pengukuran selanjutnya dihitung rumus 7. Angka serapan pada setiap ketebalan dan kepadatan selengkapnya, dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Grafik angka serapan *glass wool* tebal 25 mm



Gambar 3. Grafik angka serapan *glass wool* tebal 50 mm

Dari data itu dipilih *glass wool* dengan kepadatan 16 kg/m³ dan tebal 50 mm dengan pertimbangan agar biaya minimum dengan kemampuan meredam bunyi maksimum.

Dinding luar adalah dinding tunggal dengan ketebalan 25 cm. Dimensi pintu ditentukan tinggi 2 m dan lebar 3 m. Dimensi ini ditentukan dengan mempertimbangkan bahwa *semi anechoic room* diharapkan dapat digunakan untuk penelitian akustik dari kendaraan bermotor, misalnya mobil dengan ukuran menengah kebawah, misalnya mobil niaga, station wagon, dan sedan. Bahan pintu dipilih kerangka dan plat baja dengan mempertimbangkan daya tahan dan kemampuan untuk menahan lapisan peredam.

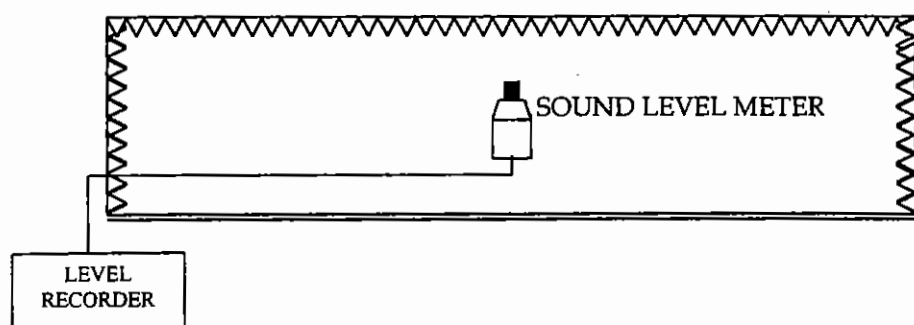
Bahan peredam, *glass wool*, dipasang pada kerangka kayu yang tegar, sehingga *glass wool* dapat terpasang tegak maupun horisontal, seperti pada langit-langit. Kerangka kayu dibuat berbentuk kotak-kotak bujur sangkar dengan sisi 120 cm, sedangkan sebagai alas digunakan triplek dengan tebal 4 mm. Agar *glass wool* tidak mudah mengelupas, maka lapisan itu ditutup dengan *acoustic wall* dengan tebal 7 mm.

Untuk mendapatkan peningkatan penyerapan bunyi pada frekuensi rendah, maka antara dinding dengan bahan peredam diberi rongga udara. Jarak rongga udara dapat dihitung dengan rumus 3, dengan perhitungan frekuensi 250 Hz dengan kecepatan bunyi 344 m/s. Dari hasil perhitungan didapatkan jarak rongga udara 15 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran *back ground noise* dilakukan di dalam dan di luar ruang, dan skema alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar-4.

Pengukuran dilaksanakan pada pukul 8.00, 13.00, 18.00, dan 22.00. *Back ground noise* pada setiap pengukuran dapat dilihat pada Tabel-1, dengan rata-rata di luar ruang 41 dB, *back ground noise* tertinggi terjadi pada saat jam kerja, yaitu 46 dB.. Di dalam *semi anechoic room*, *back ground noise* rata-rata 24 dB. Hal ini menunjukkan bahwa *semi anechoic room* cukup baik.. Apabila *back ground noise* di luar ruang dibandingkan dengan *back ground noise* di dalam *semi anechoic room*, maka terjadi perbedaan yang cukup tajam, yaitu sekitar 15 dB. Dengan demikian *semi anechoic room* mampu mengisolasi bunyi dengan baik.



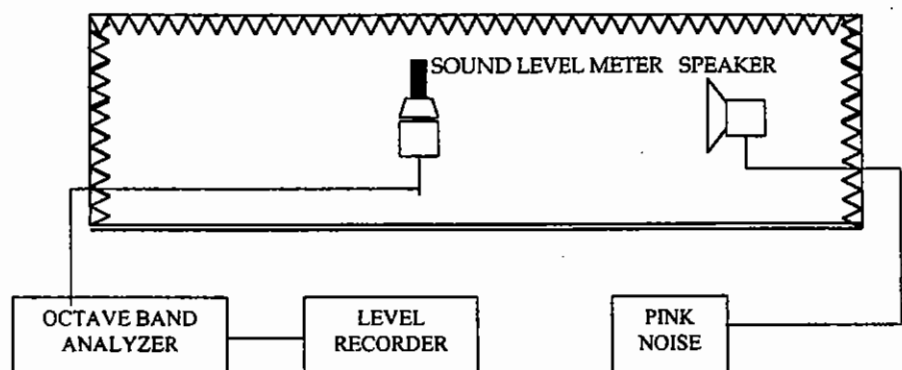
Gambar 4. Skema alat pengukuran *back ground noise*

Tabel 1. Hasil pengukuran "*back ground noise*"

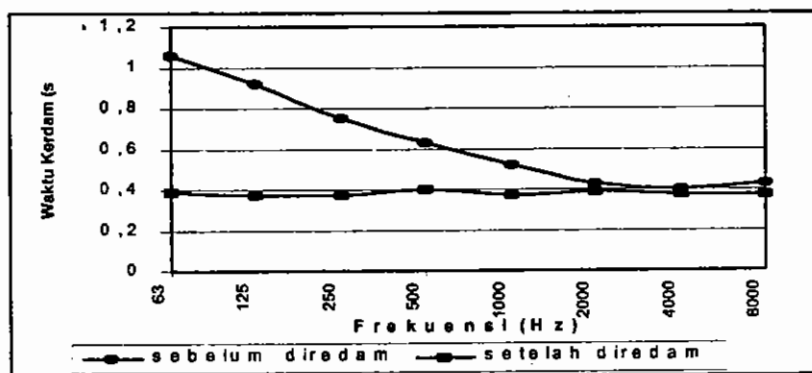
pukul (WIB)	<i>background noise</i> (dB)	
	dalam ruang	luar ruang
8.00	25,5	46
13.00	24,4	43,5
18.00	24	41
22.00	24	41

Untuk mengetahui efektifitas lapisan peredam, maka pengukuran Waktu Kerdam (RT) di dalam *semi anechoic room* dilakukan sebelum dan sesudah pemasangan peredam. Skema alat pengukuran dapat dilihat pada Gambar 5, dengan frekuensi oktaf antara 63 Hz dan 8000 Hz. Hasil dapat dilihat pada grafik Gambar 6,

yang memperlihatkan bahwa setelah dipasang lapisan peredam, terjadi penurunan waktu kerdam yang cukup tajam pada ruang, khususnya pada frekuensi rendah. Dari perhitungan tampak bahwa nilai waktu kerdam ruang setelah dipasang peredam berkisar sekitar 0,4 detik. Hal ini menunjukkan bahwa ruang itu memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai *semi-anechoic room*.

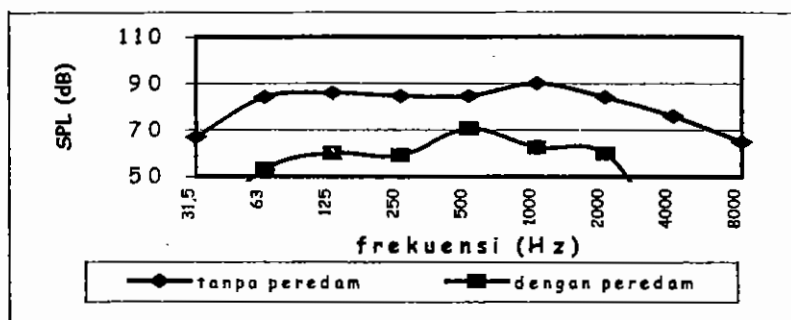


Gambar 5. Skema alat pengukur waktu kerdam



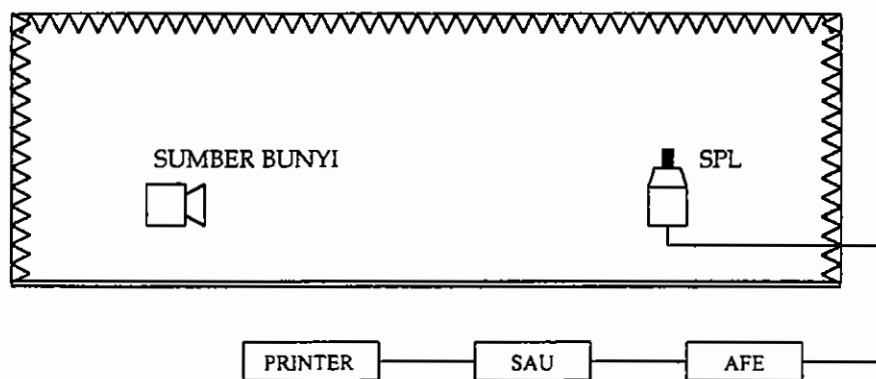
Gambar 6. Grafik waktu kerdam untuk setiap frekuensi oktaf

Pengujian medan bunyi di dalam ruang *semi anechoic room* dilakukan sebelum dan sesudah pemasangan peredam. Skema alat dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik Gambar 7, yang menunjukkan adanya penurunan tekanan bunyi yang cukup signifikan dari sumber bunyi yang sama dan diukur pada keadaan ruang sebelum dan setelah dipasang peredam, pada semua frekuensi. Pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi hal itu tidak terdeteksi.

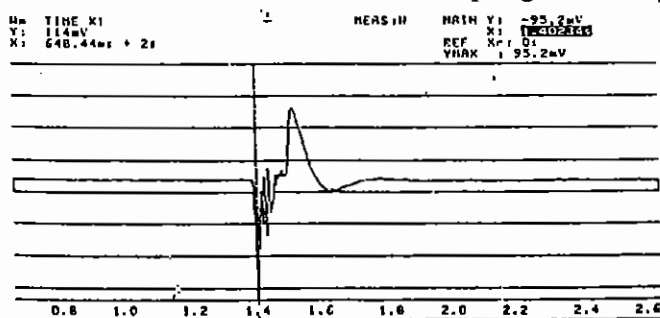


Gambar 7. Medan bunyi dengan frekuensi meningkat satu oktaf

Pengujian impulse respon dilakukan dengan mengukur tekanan dan waktu bunyi kejut dengan sumber bunyi petasan. Skema alat dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan hasil pengukuran dapat dilihat pada grafik Gambar 9. Dari grafik tersebut menunjukkan tidak terjadi bunyi susulan, dan dengan demikian bunyi kejut dapat diserap dengan singkat.



Gambar 8. Susunan alat pengukur bunyi kejut



Gambar 9. Rekaman data pengujian impuls respon

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan berikut.

1. Isolasi *semi anechoic room* terhadap bunyi dari luar cukup baik dengan *back ground noise* 24 dB, penyerapan bunyi dalam ruang cukup baik dengan waktu kerdam 0,375 detik hingga 0,4 detik, dan khususnya pada frekuensi 125 Hz hingga 500Hz, ruang mampu meredam bunyi kejut.

2. *Semi anechoic room* dapat digunakan untuk pengukuran karakteristik dan intensitas bunyi, khususnya yang mempunyai frekuensi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballagh, K.O., 1996, "Acoustical Properties of Wool", *Applied Acoustic*, 48(2), 101-120.
- Brüel & Kjær, 1984, "Measuring Sound", Brüel & Kjær, Nærum.
- Diehl, G.M., 1973, "Machinery Acoustic", p. 56-60, John Wiley & Son, New York.
- Doelle, L.L., dan Prasetio, L., 1993, "Akustik Lingkungan", 3rd ed., Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Duanqi, X., Zheng, W., and Jinjung, C., 1990, "Acoustic Design of an Anechoic Chamber", *Applied Acoustic*, 29, 139-149
- Hassall, J. R., and Zaveri, K., 1979, "Acoustic Noise Measurements", 4th ed., pp.75-183,
- Irwin, J. D., and Graf, E. R., 1979, "Industrial Noise and Vibration Control", p. 136-148, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
- Kuttruff, H. 1979, "Room Acoustics", 4th ed., pp. 20-236, Applied Science Publishers Ltd., Ripple Road, Barking, Essex, England.
- Morse, P.M., 1948, "Vibration and Sound", 2nd ed., p. 1-17, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Purnomowati, E.R., 1988, "Pengaruh Kepadatan Kapuk Terhadap Angka Serapan Akustik", *Forum Teknik*, 22(1), 73-80.
- Velis, A.G., Giuliano, H.G., and Méndez, A.M., 1995, "The Anechoic Chamber at The Laboratorio de Acústica y Luminotecnia CIC", *Applied Acoustic*, 44, 79-94.

White, R.G. and Walker, J.G., 1982, "Noise and Vibration", p. 49-52,
Ellis Horwood Limited, West Sussex.